

INSTITUT FÜR BAUSTOFFKUNDE UND STAHLBETONBAU
DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

30-0388/001

30-0388/001

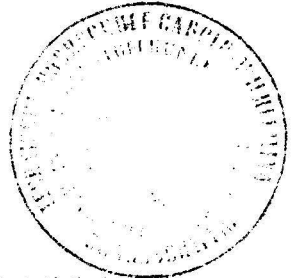
INSTITUT FÜR BAUSTOFFKUNDE UND STAHLBETONBAU

DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

DIREKTOR: PROF. DR.-ING. K. KORDINA

~~XXV 107~~

A b s c h l u ß b e r i c h t



zum Forschungsauftrag:

Über das Auftreten alkalireaktionsfähiger
Betonzuschlagstoffe in Niedersachsen

Sachbearbeiter: Dipl.-Min. Wulf Schwick

4. Nov. 1975

Der Forschungsauftrag wurde gefördert vom
Niedersächsischen Sozialminister - Bauaufsicht
unter Forschungsnummer 6101/9070
früher: 6/10a, jetzt: 9511

Die vorliegende Forschungsarbeit wurde durchgeführt im Rahmen einer Untersuchungsreihe über Festigkeitsminderungen und Reaktionen in massigen Betonbauteilen, die unter Verwendung von Tonerdeschmelzzement oder anderen Baustoffen besonderer Herkunft hergestellt sind.

Über das Auftreten alkalireaktionsfähiger Betonzuschlagstoffe in Niedersachsen

1. Problemstellung

Seit Mitte der sechziger Jahre ist in Deutschland die betonschädigende Alkali-Zuschlag-Reaktion bekannt. Einige hochbeanspruchte Ingenieurbauwerke insbesondere in Schleswig-Holstein wurden bisher als "alkali-geschädigt" festgestellt. Interessant ist u.a. die Beobachtung, daß einzelne Bauwerke, die aus einheimischem Zuschlag und Zement in früheren Jahren errichtet wurden, trotz ungünstiger Umwelteinflüsse offensichtlich keine besonderen Schädigungen aufweisen, welche auf eine Alkalireaktion zurückzuführen sind, während neuere Bauwerke, hergestellt aus vergleichbaren Baustoffen, schon heute Schäden zeigen. Auf solche Beobachtungen wird häufig von Kieslieferanten hingewiesen, die nicht einsehen können, daß Kiesarten, die jahrelang für die Betonherstellung als geeignet angesehen wurden, nun auf einmal betonschädigende Gesteinsarten enthalten sollen. Für die beobachteten Schadensfälle ist sicherlich die inzwischen geänderte Zementherstellung (Erhöhung der Alkaligehalte?) von Bedeutung.

In jedem Fall aber erwiesen sich einige Zuschlagstoffvorkommen den gestiegenen Anforderungen hochbeanspruchter Ingenieurbauwerke nicht gewachsen. Besonders Bauwerke der Jahrgänge 1968 - 1971 zeigten eine deutliche Häufung von Alkalischäden.

Um diese in Schleswig-Holstein gemachten Erfahrungen in Niedersachsen zu vermeiden, erschien es angebracht, die niedersächsischen Zuschlagstoffvorkommen hinsichtlich des möglichen Auftretens alkaliempfindlicher Gesteinsarten zu untersuchen, zumal die geologischen Gegebenheiten im nördlichen Niedersachsen jenen in Schleswig-Holstein durchaus vergleichbar sind.

Es kann jedoch nicht Aufgabe eines mit öffentlichen Mitteln geförderten Forschungsvorhabens sein, für einen speziellen Industriezweig eine kostenlose Gütesicherung durchzuführen. Infolgedessen sollen im folgenden nur prinzipielle Tendenzen niedersächsischer Betonzuschlagstoff-Lagerstätten aufgezeigt werden.

2. Die Alkali-Zuschlag-Reaktion

Die meisten natürlichen Gesteinsarten gelten hinsichtlich ihrer Reaktionsfähigkeit mit dem Zementstein im Beton als chemisch inert, d.h. es werden keine Verbindungsbildungen aus Reaktionen zwischen den Zementmineralen und den Gesteinsarten beobachtet, wenn von epitaktischen Bildungen an Grenzflächen abgesehen wird. Eine Ausnahme bilden natürlich wasserlösliche Gesteine und Minerale, die in unseren Breitengraden sowieso unbeständig sind und infolgedessen als Betonzuschlagstoffe keine Verwendung finden. Eine weitere Ausnahme bilden Gesteine, die reine SiO_2 -Phasen in stark kristallin fehlgeordneter oder amorpher Struktur enthalten. Dies sind in Deutschland der Feu-

erstein, auch Flint genannt, und der Opalsandstein; gelegentlich wurde auch noch in Schleswig-Holstein ein kieseliges Siltgestein, auch "Kieselmergel" genannt, angetroffen.

Der starke Fehlorderungsgrad bzw. die amorphe Struktur haben zur Folge, daß in diesen Gesteinen mit extrem hoher spezifischer Oberfläche sehr viele ungesättigte freie Si-O-Valenzen vorhanden sind, die jeweils Angriffspunkte für die Löslichkeit in alkalischen Medien darstellen. Durch die Alkalien des Zementes werden diese SiO_2 -Phasen nicht nur angelöst, vielmehr bilden sich Alkali-Silikat-Gele, die unter Wasseraufnahme Quelldrucke erzeugen, die weit über der Zugfestigkeit des Betons liegen und damit eine Zerstörung von Betonbauwerken verursachen können.

Der Grad der als gefahrbringend erkannten Fehlordnung ist durch die Röntgenbeugung feststellbar. Abb. 1 zeigt z.B. einen schwach fehlgeordneten Tiefquarz eines Flintes aus dem Braunschweiger Raum. Bei einem gut geordneten Quarz wären die Formen der Beugungspeaks noch schlanker, d.h. die Halbwertsbreite wäre geringer. Abb. 2 zeigt dagegen einen stark fehlgeordneten Quarz, neben dem noch einzelne Bande von α -Cristobalit zu erkennen sind. Diese Probe stammt aus dem Kanalbett des Elbe-Seiten-Kanals aus der Gegend von Uelzen.

So vorzüglich sich die Methoden der Röntgenbeugung dazu eignen, die Alkalireaktivität von einzelnen Mineralkörnern zu kennzeichnen, so wenig sind sie geeignet, ganze Zuschlagkörnungen in bezug auf ihre Alkaliempfindlichkeit zu beschreiben.

Der amerikanische ASTM-Test C-289 liefert dagegen durchaus gewisse Beziehungen von Zuschlagstoffen gegenüber alkalischen Lösungen, jedoch wird von Baupraktikern behauptet, die Ergebnisse seien nicht

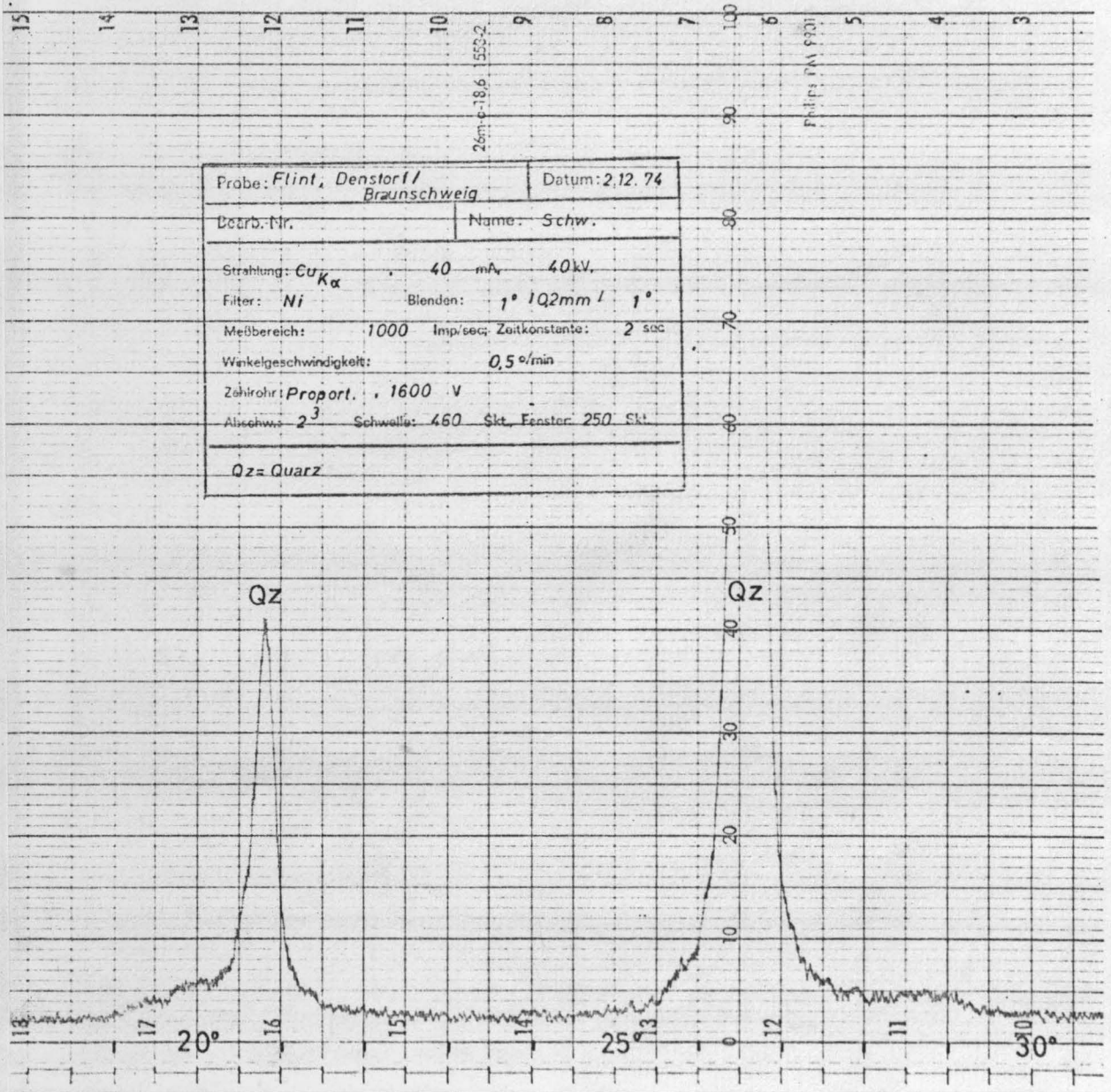


Abb. 1 Röntgenbeugungsdiagramm eines schwach fehlgeordneten Flintes aus Denstorf/Braunschweig

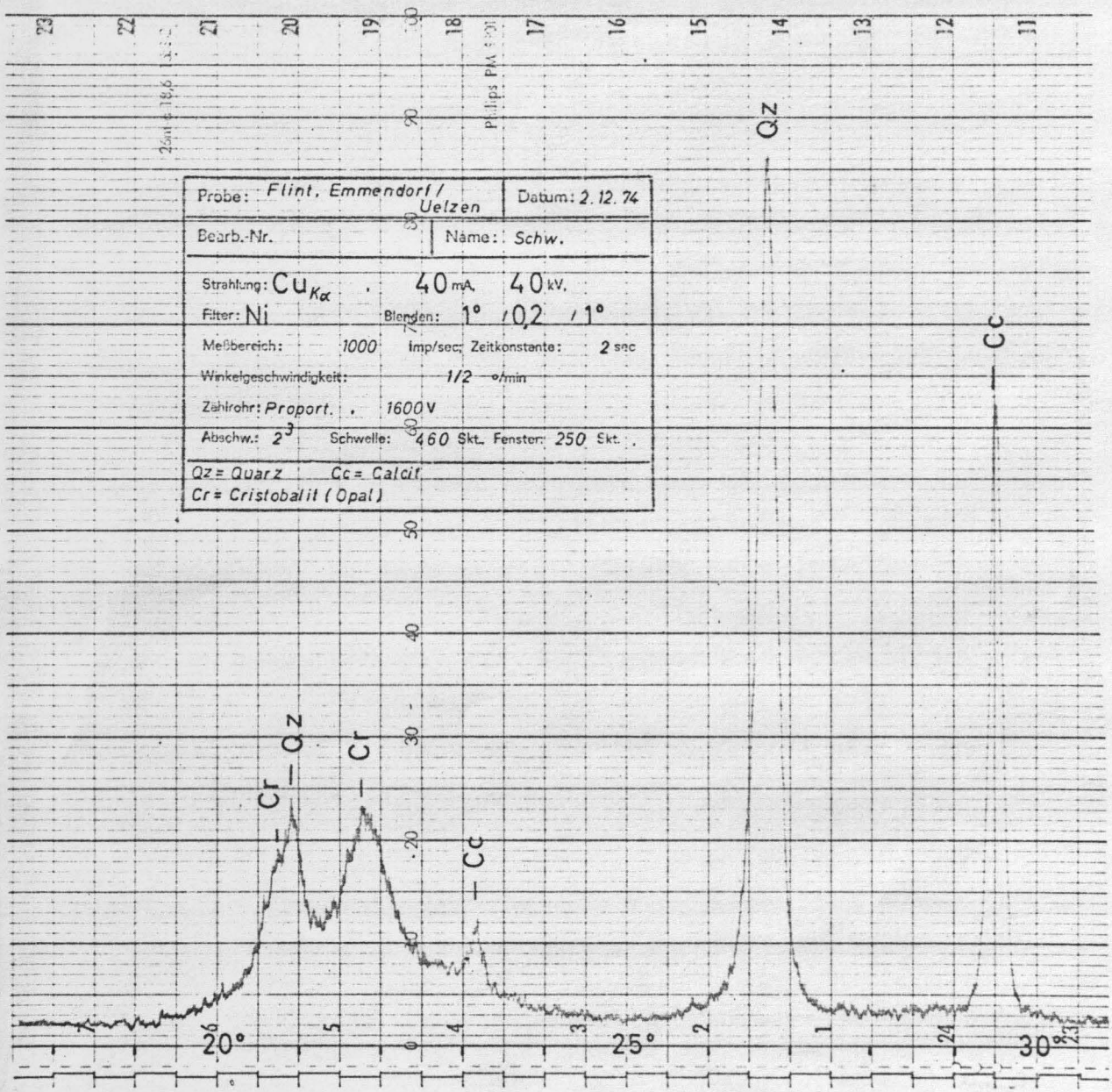


Abb. 2 Röntgenbeugungsdiagramm eines stark fehlgeordneten Flintes aus Emmendorf/nörtl. Uelzen

geeignet, das Verhalten von Beton aus kritischen Zuschlagarten unter baupraktischen Einflüssen bzw. Umweltbedingungen signifikant wiederzugeben.

Da über den Zeitraum der vorliegenden Untersuchungen keine für Deutschland verbindliche Prüfvorschrift für alkaliempfindliche Zuschlagarten existierte, wurde zur Beschreibung der allgemeinen Situation niedersächsischer Zuschlagarten hinsichtlich ihrer alkaliempfindlichen Bestandteile auf die petrographische Analyse von Schottergesteinsarten zurückgegriffen.

Eine direkte Korrelation zwischen der allgemeinen petrographischen Zusammensetzung und der Alkaliempfindlichkeit von Zuschlagstoffen ist nicht möglich; es lassen sich jedoch prinzipielle Tendenzen ableiten.

Als Anwendungsbeispiel der in Deutschland derzeit gültigen vorläufigen Richtlinie für "Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton" des FNA Bauwesen sei das Ergebnis der Prüfung des Kiesvorkommens Edendorf (Probe 26) genannt:

Tabelle 1 Zusammensetzung und alkalireaktive Bestandteile
eines Kiesvorkommens aus der Lüneburger Heide

	Fraktion 4/8 Gew.-%	Fraktion 8/16 Gew.-%
Gesamtflintgehalt	13	29
Sandstein u.a.	14	14
reaktiver Flint (nach Richtlinie)	4,7	5,9
Opalsandstein (nach Richtlinie)	4,7	1,7

Diese Zuschlagstoffe sind wegen ihres Gehaltes an reaktivem Flint und Opalsandstein gemäß der Richtlinie als "bedenklich" zu bezeichnen.

3. Petrographische Situation niedersächsischer Betonzuschlagstoffvorkommen

Für die petrographische Untersuchung wurden vier für den überwiegenden Teil Niedersachsens typische Bereiche ausgewählt. Dies sind

- 1.) Wesergebiet
- 2.) Harzrand und Leine
- 3.) nördliches Harzvorland
- 4.) Lüneburger Heide

Die einzelnen Ergebnisse sind in Tabelle 2 und 3 wiedergegeben. In Tabelle 4 wurden die Ergebnisse für die wichtigsten Komponenten Flint, Sandstein⁺⁾ und Kalkstein graphisch dargestellt. Ein Schlüssel für die geographische Lage der einzelnen Gruben wurde in Tabelle 5 zusammengestellt.

3.1 Repräsentativ für das Wesergebiet wurden die Kiesgruben Nr. 1 und 2 ausgewählt. Sie enthalten vorwiegend Sandstein und Grauwacke, Quarzit und Kalkstein. Als Nebengemengteile kommen noch Kiesel- und Tonschiefer und vereinzelt Granit oder Porphyr vor. Das Material entstammt vorwiegend mesozoischen Gebieten wie Weserbergland, Solling, Thüringer Wald; es handelt sich um diluviale Flußaufschüttungen der einzelnen Flußterrassen.

Hinsichtlich alkalilöslicher Bestandteile in den Zuschlagstoffen bestehen für dieses Gebiet keine Anzeichen.

Im Bereich der Mittelweser ist jedoch zu beachten, daß das Flußbett flintführende Endmoränen teilweise angeschnitten haben kann. Die absolute Unbedenklichkeit des Wesermaterials erstreckt sich demnach ausschließlich auf die reinen Flußterrassen; hier dürfte in der Mehrzahl der Fälle auch der Betonkies abgebaut werden.

⁺⁾ Anmerkung: Hierbei handelt es sich um normalen Sandstein, nicht um den in Schleswig-Holstein vorkommenden alkalireaktiven Opalsandstein.

3.2 Als typisch für das westliche Harzrandgebiet und die Leine wurden die Gruben Nr. 3 bis 11 und Nr. 25 untersucht. Auffallend sind hier der extrem hohe Kalkgehalt und der recht große Anteil an Sandstein. Die direkt am Harz gelegenen Gruben Nr. 3 und 7 sind zusätzlich durch ihren Anteil an devonischen Tonschiefern gekennzeichnet, sonst aber stammen die Gesteine wie auch beim Wesergebiet vorwiegend aus mesozoischen Gebieten. Mit dem Auftreten alkalireaktiver Gesteine ist auch hier nicht zu rechnen. Gelegentlich dürften Feuersteine im nördlichen Leinegebiet und eventuell am Harzrand, wenn kretazische Schichten zutage treten, in geringen Mengen auftreten, jedoch sicherlich nicht in bauwerksschädigenden Konzentrationen.

3.3 Das Harzvorlandgebiet wird in den Untersuchungen durch die Gruben Nr. 12 bis 19 und Nr. 24 repräsentiert, wobei die Gruben Nr. 12 bis 15 ausschließlich Okermaterial enthalten. Das Okermaterial entstammt dem Variszikum des Harzes (devonische Grauwacken, Sandsteine, Tonschiefer aus Devon und Karbon) und ist hinsichtlich alkaliempfindlicher Bestandteile als vollkommen unbedenklich zu klassifizieren.

Anders sieht es im übrigen Harzvorlandgebiet aus. Hier beginnt eine Übergangszone mit nach Norden steigenden Flintgehalten. Das Kiesmaterial selbst entstammt vorwiegend skandinavischem Geschiebe, welches während des Glacials hierher verfrachtet wurde, oder aber - wie der Feuerstein - aus dem kretazischen Untergrund, welcher durch die Salztektunik stellenweise emporgehoben wurde (Elm, Hemmoor, Misburg) und von den Gletschern z.T. wieder abgeschliffen wurde. Teile der Kreidefeuersteine sind aber auch mit dem Geschiebe aus nördlicheren Gebieten (Dänemark) hierher transportiert worden.

In dieser Gegend, speziell nördlich der Linie Hildesheim - Salzgitter - Braunschweig, ist das gelegentliche Auftreten von alkaliempfindlichen Gesteinen, besonders von Feuersteinen mit poröser, reaktiver Rinde, nach geologischen Gesichtspunkten nicht mehr prinzipiell auszuschließen. Ähnlich dürfte die Situation nördlich des Wiehengebirges sein.

3.4 Die Gruben Nr. 20 bis 23 und Nr. 26 sind eine typische Auswahl für die Moränenlandschaft der Lüneburger Heide. Der Feuerstein-gehalt geht stellenweise deutlich über 20 Gew.-%, besonders in den gröberen Fraktionen. Der gefährlichere poröse Feuerstein dürfte jedoch vorwiegend in den Korngrößen 2 - 8 mm zu finden sein, zumindest steigt er nicht linear mit steigendem Gesamtflintgehalt an, wie aus Tabelle 1 zu ersehen ist. Auffallend ist weiter der recht hohe Granitgehalt, der ausschließlich Skandinavien als Herkunftsgebiet hat. Der Granit, der häufig mehr oder weniger stark angewittert ist, zeigt teilweise nur geringe Eigenfestigkeit.

Hinsichtlich alkaliempfindlicher Bestandteile sollte in diesem Gebiet besondere Vorsicht angewendet werden, auch wenn bisher aus dem Material der meisten Gruben dauerhafte Betonbauwerke errichtet wurden. Da die Kiesvorkommen während des Pleistozäns zum Teil als unklassierte Ablagerungen von Endmoränen, Schmelzwasserflüssen, Tunneltälern u.ä. gebildet wurden, ist ihre Zusammensetzung stark schwankend, so daß eine Kiesbeurteilung nur als Einzeluntersuchung abgegeben werden kann.

Ähnliche Verhältnisse dürften in westlicher gelegenen Gebieten (Oldenburger Raum, Elbe-Weser-Dreieck) vorliegen, sofern eine rentable Kiesförderung wegen des hohen Sandanteils überhaupt sinnvoll ist.

3.5 Der in Schleswig-Holstein vorkommende Opalsandstein konnte im Rahmen dieser Untersuchung in niedersächsischen Kiesgruben nicht festgestellt werden. Es muß jedoch festgestellt werden, daß die 25 untersuchten Kiesgruben nur eine sehr bescheidene Auswahl darstellen. Nach Niemeyer (1973) soll im Raum Scheeßel eine Gletscherstolle mit Opalsandstein vorkommen.

4. Zusammenfassung und baupraktische Empfehlungen

Bei der stichprobenartigen Untersuchung einiger typischer Zuschlagstoffvorkommen in Niedersachsen konnten folgende für die baupraktische Beurteilung von Kieslagerstätten bedeutsame Erkenntnisse gewonnen werden.

- 1.) Hinsichtlich der Verbreitungsmöglichkeit von alkaliempfindlichen Gesteinsarten unbedenklich sind die Kieslagerstätten mit vorwiegend variszischem und mesozoischem Einzugsgebiet. Dies sind vorwiegend die Ablagerungen der Flußterrassen von Weser, Leine und Oker. Diese zum Teil tertiären und quartären Ablagerungen bestehen aus Gesteinsschutt der Formationen Devon und Karbon (Harz), Trias und Kreide (Thüringer Wald, Wesergebirge, Solling). Als häufigste Gesteinsarten treten auf Sandstein, Grauwacke, Kalkstein, Ton- und Kieseliefer. Die untersuchten Kiesgruben Nr. 1 - 15 und 24, 25 repräsentieren diese Gebiete einschließlich des Harzrandgebietes.
- 2.) Das flächenmäßig größte Gebiet Niedersachsens wird von pleistozänen und holozänen Glazialablagerungen bedeckt. Hier handelt es sich um die meist feinsandigen Moränenbildungen der Lüneburger Heide, des Elbe-Weser-Dreiecks und des Oldenburger Raumes. Kieslagerstätten treten nur im Bereich ehemaliger Gletscherflüsse, Tunneltäler und Endmoränen auf und haben naturgemäß stark schwankende Zusammensetzung. Das Gesteinsmaterial entstammt meist skandinavischen Geschiebe, ist reich an z.T. angewittertem Granit und enthält je nach salztektonischen Emporhebungen des Untergrundes während der Vereisung wechselnde Mengen Feuerstein. Hier besteht die unmittelbare Gefahr des Auftretens von alkaliempfindlichem Feuerstein, wie an einzelnen Beispielen gezeigt wurde. Für exponierte Bau-

werke wird in jedem Fall eine spezielle Untersuchung des Kiesmaterials dieser Gebiete auf alkalireaktive Zuschlagstoffe empfohlen, auch wenn nach jahrelanger Verwendung dieser Kiese noch nie Schäden beobachtet wurden.

- 3.) Eine Übergangszone bildet das Gebiet zwischen Harz und Heide (Kiesgruben Nr. 15 - 21). Hier scheint es eine Grenze auf der Linie Hildesheim - Salzgitter - Braunschweig zu geben, südlich derer alkaliempfindliche Zuschlagstoffe im allgemeinen nicht erwartet werden können und nördlich derer jedoch mit ansteigendem Flintgehalt mit gewissen Anteilen alkaliempfindlicher Bestandteile gelegentlich gerechnet werden muß.
- 4.) Die Marschgebiete Ostfrieslands, der Jade, Weser und Elbe haben verständlicherweise für die Kiesgewinnung in Niedersachsen keine Bedeutung.

Fraktion: 4 - 8 mm Gew.-%

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Feuerstein	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	13	0	11	10	15	13	17	11	0	< 1	13
Sandstein	31	26	24	6	8	34	29	7	13	12	17	19	24	18	20	10	10	5	9	6	8	10	15	24	15	14
Grauwacke			6			15	9	4	3	5	5	7	6	1	3	0	12	0		2		0	0	4	3	n.b.
Quarzit	12	11					4	2	2	3	3	4	10	25	6	22		45	34	20	28	22	17	1	1	n.b.
Kalkstein	40	28		91	83	23	29	60	53	48	42	4	0	0	0	0	33	0		< 1		0	4	0	51	n.b.
Kieselschiefer	8	6	19			19	3	10	11	12	12	2	2	6	5	8	5	5	4	6	4	0	5	3	11	n.b.
Tonschiefer	3	4	36				14	2	6	4	8	51	33	23	38	6	31	0	4	8	4	0	1	54,5	14	n.b.
Granit u.ä.	6	10	4				2	4	6	2	4	6	2	15	12	32		29	32	35	31	45	36	7	2	n.b.
Diabas												17	3													n.b.
Porphyry und Rest		15		3	9	9	8	6	6	12	8	6	3	4	16	9	9	5	6	6	11	7	11	7	1	n.b.

Tabelle 2: Petrographische Zusammensetzung niedersächsischer Kiesvorkommen

Fraktion: 8 - 16 mm + 16 - 32 mm Gew.-%

	1 ⁺	2 ⁺	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Feuerstein	0	0	0	0	0	nicht untersucht	2	1	1	0	3	0	0	1	0	36	0	19	17	24	23	26	10	0	<1	29
Sandstein	36	59	41	10	8		22	5	9	18	17	27	34	17	42	14	14	11	8	15	9	11	16	23	23	14
Grauwacke			9				14	6	5	7	7	5	16	4	6	0	19	0	1	3	1	0	0	4	4	n.b.
Quarzit	10	3					5	3	4			1	2	9		9	0	35	18	13	26	12	15	2		n.b.
Kalkstein	32	17	0	89	84		35	70	57	43	37	2	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	9	0	45	n.b.
Kieselschiefer	12	6	17				5	7	10	17	15	6	5	9	5	12	8	5	13	11	5	0	8	2	9	n.b.
Tonschiefer		2	25				14	1	5	4	3	53	25	28	92	<1	17	1	3	6	4	0	2	64	4	n.b.
Granit u.ä.	5	7						1	1		3	3	3	5	6	26		25	34	21	23	43	25	2	0	n.b.
Diabas													6	5	5										0	n.b.
Porphyry und Rest	6	5	8	1	8		2	5	7	12	15	3	8	19	6	2	6	4	6	6	8	6	16	4	15	n.b.

Tabelle 3: Petrographische Zusammensetzung niedersächsischer Kiesvorkommen

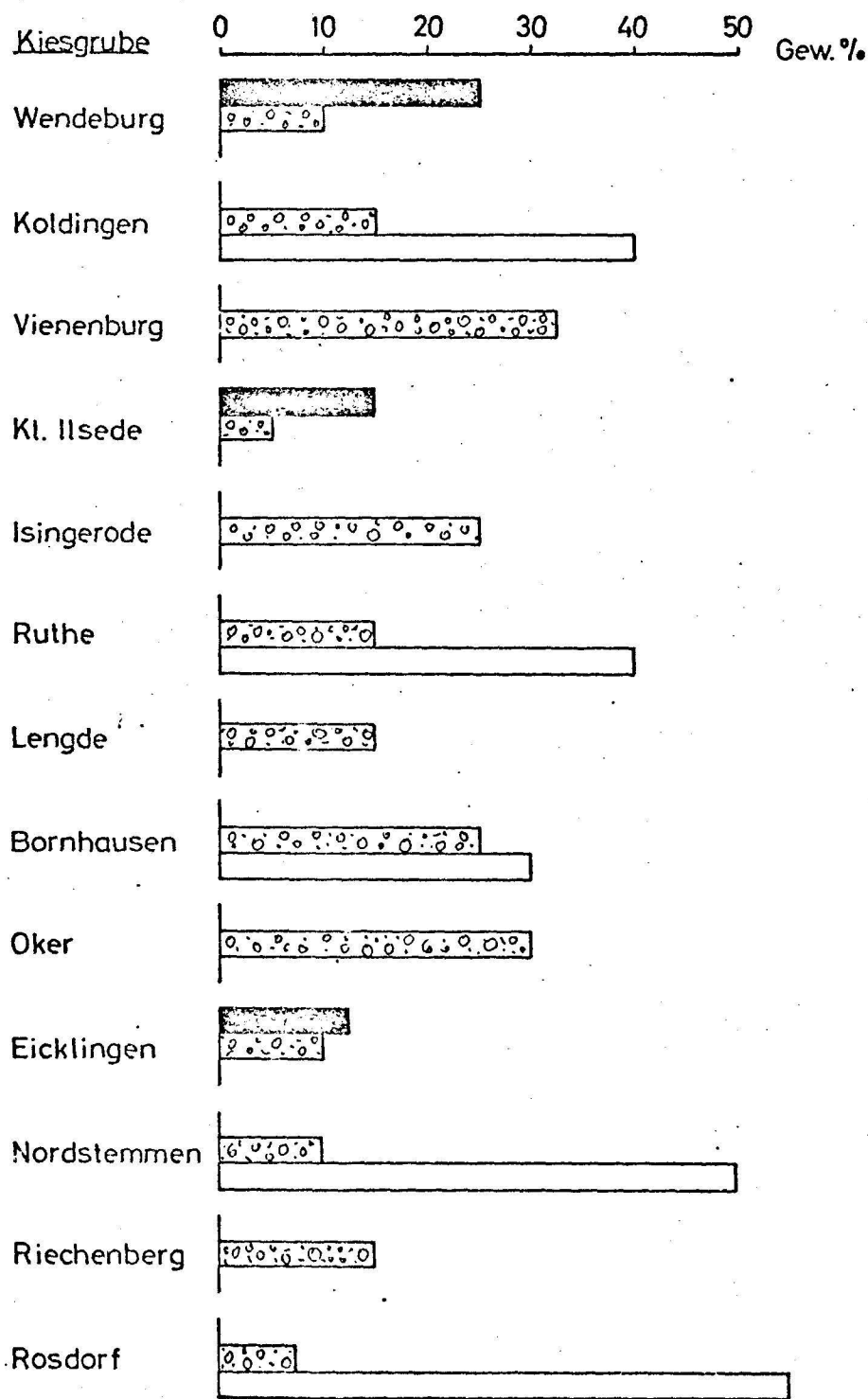


Tabelle 4: Petrographische Zusammensetzung von Kiesgruben im Raum Braunschweig, Celle, Hannover

Flint Sandstein Kalkstein

Tabelle 5: Geographische Lage der untersuchten Kiesvorkommen

1	Reileifzen	östl. Polle	Weser
2	Stahle	westl. Holzminden	Weser
3	Pöhlde	westl. Herzberg	Oder/Harzrand
4	Klein-Schneen	südl. Göttingen	Leine
5	Rosdorf	südl. Göttingen	Leine
6	Edesheim	nördl. Göttingen	Leine
7	Bornhausen	nördl. Seesen	Nette/Harzrand
8	Elze	westl. Hildesheim	Leine
9	Nordstemmen		Leine
10	Koldingen	südl. Hannover	Leine
11	Harkenbleek	südl. Hannover	Leine
12	Oker		Oker
13	Vienenburg	nörd. Bad Harzburg	Oker
14	Lengde	nördl. Vienenburg	Oker
15	Isingerode	östl. Schladen	Ecker
16	Wendeburg	westl. Braunschweig	
17	Große Heere	westl. Salzgitter	Innerste
18	Kl. Ilsede	südl. Peine	
19	Handorf	südl. Peine	
20	Uetze	westl. Burgdorf	
21	Eicklingen	südöstl. Celle	Moräne
22	Halmern	bei Wietzenndorf	Moräne
23	Neindorf	bei Wolfsburg	Moräne
24	Riechenberg	bei Goslar	Oker
25	Ruthe	bei Saarstedt	Leine
26	Edendorf	bei Lüneburg	Moräne

Literatur:

Per Bredsdorff, G.M. Idorn et al.

Chemical Reactions Involving Aggregate

Paper VI - 1, 4. Intern. Symp. Chem. Cements, Washington D.C., 1960

Niemeyer, E.A.

Betonzuschlag in Schleswig-Holstein

Heft 40 Schriftenreihe der Zementindustrie Düsseldorf, 1973

Bettermann, P.

Untersuchungen zur Alkaliempfindlichkeit von Geschiebe-

Feuerstein aus Schleswig-Holstein

Zement Kalk Gips Heft 11 (1973), 523 - 528

Plum, Niels Munck

Vorläufige Anleitung zur Vorbeugung von schädlichen Alkali-
reaktionen in Beton

Anleitung 1 des Danish Committee on Alkali Reactions in

Concrete, Kopenhagen, 1961

Jensen, Torborg A., Wøhlk, C.J., et al.

A classification of Danish flints etc. based on X-ray diffractometry

Progress Report D 1, Committee on Alkali Reactions in Concrete

Kopenhagen, 1957

